

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Juni 2005 (30.06.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/059475 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01F
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053458
(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2004 (14.12.2004)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität:
103 59 869.3 18. Dezember 2003 (18.12.2003) DE
102004003460.5 22. Januar 2004 (22.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG [DE/DE];
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LOPATIN, Sergej
[RU/DE]; Pestalozzistrasse 51, 79540 Lörrach (DE).
LUTTERBECK, Burkhard [DE/DE]; Egertenweg 6,
79585 Steinen (DE).

(74) Anwalt: ANDRES, Angelika; c/o Endress+Hauser
(Deutschland), Holding GmbH, PatServe, Colmarer
Strasse 6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,
PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A MEASURING DEVICE FOR DETERMINING AND/OR MONI-
TORING A PROCESS VARIABLE, AND CORRESPONDING MEASURING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINER MESSVORRICHTUNG ZUR
BESTIMMUNG UND/ODER ÜBERWACHUNG EINER PROZESSGRÖSSE UND MESSVORRICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a measuring device (1) for determining and/or monitoring a process
variable of a medium in a container (2), with a mechanically oscillatory unit (5), which can be fastened via a fixing device (20)
to a sensor housing (15) and/or to the container (2), and with a driving/receiving unit (25), which sets the mechanically oscillatory
unit (5) in oscillatory motion or receives the oscillations of the mechanically oscillatory unit (5). According to the invention: the
mechanically oscillatory unit (5) is set in oscillatory motion; reaction forces and/or reaction torques are detected, which act upon the
fixing device (20) via the oscillations of the mechanically oscillatory unit (5); a message is output when the reaction forces and/or
reaction torques exceed predeterminable limit values, and; in the event a message is output, the mechanically oscillatory unit (5) is
altered with regard to its oscillation properties. The invention also relates to a corresponding device and to a measuring device (1)
itself.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Messvorrichtung (1) zur Bestimmung
und/oder Überwachung einer Prozessgrösse eines Mediums in einem Behälter (2), mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit
(5), die über eine Einspannung (20) an einem Sensor-Gehäuse (15) und/oder an dem Behälter (2) befestigbar ist, und mit einer
Antriebs/Empfangeinheit (25), die die mechanisch schwingfähige Einheit (5) zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen
der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) empfängt. Die Erfindung beinhaltet, dass die mechanisch schwingfähige Einheit (5) zu
Schwingungen angeregt wird, dass Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert werden, welche durch die Schwingun-
gen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) auf die Einspannung (20) wirken, dass eine Meldung ausgegeben wird, wenn die
Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente vorgebbare Grenzwerte übersteigen, und dass im Falle einer Meldung die mechanisch
schwingfähige Einheit (5) in ihren Schwingungseigenschaften verändert wird. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine ent-
sprechende Vorrichtung und auf eine Messvorrichtung (1) selbst.



WO 2005/059475 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Messvorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße und Messvorrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Messvorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums in einem Behälter, mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit, die über eine Einspannung an einem Sensor-Gehäuse und/oder an dem Behälter befestigbar ist, und mit einer Antriebs-/Empfangseinheit, die die mechanisch schwingfähige Einheit zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit empfängt. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Herstellung einer solchen Messvorrichtung und auf eine Messvorrichtung selbst. Bei der Prozessgröße handelt es sich beispielsweise um den Füllstand, die Dichte oder die Viskosität des Mediums in dem Behälter. Bei der mechanisch schwingfähigen Einheit kann es sich beispielsweise um eine Schwinggabel oder um einen Einstab handeln.

Von der Anmelderin werden unter der Bezeichnung „Liquiphant“ Füllstandsmessgeräte hergestellt und vertrieben. Diese Messgeräte weisen eine Schwinggabel mit zwei Zinken als mechanisch schwingfähige Einheit auf, die über eine Membran durch ein piezoelektrisches Element als Antriebs-/Empfangseinheit zu mechanischen Schwingungen angeregt werden. Dabei schwingen die beiden Gabelzinken gegensinnig zueinander. Kommt das Medium, dessen Füllstand überwacht werden soll, in Kontakt mit der schwingfähigen Einheit, so führt dies zu einer Änderung der Frequenz und/oder der Amplitude der Schwingungen. Somit lässt sich also das Erreichen eines Füllstands detektieren. Entsprechend ist es auch möglich, das Unterschreiten eines Füllstands zu bestimmen, d.h. wenn die Schwinggabel zunächst vom Medium bedeckt ist und dann der Pegel sinkt. Die Membran, an der die schwingfähige Einheit befestigt ist und über die sie zu Schwingungen angeregt wird, bzw. über die die Schwingungen empfangen werden, ist über eine Einspannung mit einem Gehäuse des Gerätes oder mit einer Behälterwand verbunden. Weiterhin ist üblicherweise in dem Messgerät noch eine Verstärkungseinheit vorgesehen, die die empfangenen Signale verstärkt und rückkoppelt.

Wichtig bei den Schwinggabeln, aber auch bei allen sonstigen mechanisch schwingfähigen Einheiten, die in Feldgeräten/Messgeräten Anwendung finden, ist die Symmetrie der schwingfähigen Einheit. So muss bei der Schwinggabel gewährleistet

sein, dass beide Zinken derartig gegensinnig schwingen, dass Reaktionskräfte und –momente, die auf die Einspannung wirken, möglichst minimal sind. Dafür ist es z.B. erforderlich, dass beide Zinken gleiche Massenträgheitsmomente, also auch gleiche Drehmomente aufweisen. Die schwingfähige Einheit ist also dann symmetrisch aufgebaut, wenn ihre Schwingungen nicht zu Reaktionskräften und –momenten an der Einspannung führen, wenn es also Teileinheiten der mechanisch schwingfähigen Einheit – z.B. die erwähnten Zinken der Gabel – gibt, deren Schwingungen derartig aufeinander abgestimmt sind, dass sich die Kräfte und Momente in der Einspannung gerade gegenseitig aufheben, so dass die verbleibenden Reaktionskräfte und –momente möglichst ausgeglichen sind. Ist eine Unsymmetrie gegeben – ist also beispielsweise ein Zinken schwerer als der andere –, so kann nicht mehr gewährleistet werden, dass sich die auf die Einspannung wirkenden Kräfte und Momente kompensieren. Eine solche Kompensation ist u.a. wichtig, um zu verhindern, dass über die Einspannung Energie verloren geht. Ein Energieverlust führt dazu, dass die Schwingungsamplitude abnimmt. Weiterhin kann eine Asymmetrie dazu führen, dass die Schwingungsfrequenz zufallsbedingt zwischen zwei Werten wechselt, was die Messung verfälschen kann.

[004] Eine Methode im Stande der Technik, die Symmetrie einer Schwinggabel zu messen, besteht darin, die Schwingfrequenz jedes Zinken einzeln zu bestimmen. Treten Unterschiede auf, die größer als ein vorgegebener Toleranzbereich sind, so wird z.B. das Gewicht oder die Steifigkeit der Zinken geändert, z.B. verkleinert. Dieses Messen der Frequenzen ist sehr aufwendig. Dies bezieht sich auf die Herstellung der Feldgeräte. In der Anwendung im Feld ist es vor allem kaum möglich, die Schwingfrequenzen der einzelnen Zinken zu bestimmen.

[005] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, Asymmetrien in mechanisch schwingfähigen Einheiten von Messgeräten zu erkennen.

[006] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Herstellung einer Messvorrichtung, so dass die schwingfähige Einheit der Messvorrichtung symmetrisch ist. Weiterhin löst die Erfindung die Aufgabe mit einer Messvorrichtung selbst, wodurch es möglich wird, die Symmetrie auch während der Anwendung der Messvorrichtung, also nach der Installation zu überwachen. Durch die Erfindung ist es zum einen möglich, eine Asymmetrie bei der Herstellung einer Messvorrichtung zu verhindern und zum anderen lässt sich durch die Erfindung die Symmetrie und damit verbunden die Messgenauigkeit während der Messungen überwachen.

- [007] Die Erfindung löst die Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens zur Herstellung einer Messvorrichtung dadurch, dass die mechanisch schwingfähige Einheit zu Schwingungen angeregt wird, dass Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert werden, welche durch die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit auf die Einspannung wirken, dass eine Meldung ausgegeben wird, wenn die Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente vorgebbare Grenzwerte übersteigen, und dass im Falle einer Meldung die mechanisch schwingfähige Einheit in ihren Eigenschaften in Bezug auf die Schwingungen verändert wird. Die Idee der Erfindung ist also, dass die Kräfte und Momente, die sich durch Asymmetrien ergeben, dazu benutzt werden, dass diese „Unausgeglichheiten“ der schwingfähigen Einheit – die „Unwucht“ – bei der Fertigung ausglichen werden.
- [008] Durch Fertigungstoleranzen ist es immer möglich, dass die mechanisch schwingfähigen Einheiten nicht immer optimal ausgeglichen sind. Liegt diese „Unwucht“ oberhalb eines bestimmten und vorgebbaren Bereiches, unterscheiden sich beispielsweise die Frequenzen mehr als ein vorgebbares Prozentsatz voneinander, so sind die Messungen nicht mehr genau und zuverlässig, bzw. sie können sogar unmöglich werden. Daher wird die Symmetrie kontrolliert, indem auftretende Kräfte und Momente detektiert werden, die aus einer Asymmetrie resultieren. Liegen diese Kräfte und/oder Momente über bestimmten Werten, so liegen entsprechende Unterschiede in den Bestandteilen der schwingfähigen Einheit – die Zinken bei der Gabel oder die einzelnen Schwingelemente beim Einstab – vor, die dadurch ausgeglichen werden, dass die schwingfähige Einheit bearbeitet wird. Es wird z.B. ein Zinken schwerer gemacht oder die Steifigkeit wird verändert usw. Die Grenzwerte sind so vorzugeben, dass keine Messfehler auftreten, dass sie aber auch im Rahmen einer üblichen Fertigungsmethode einzuhalten sind.
- [009] Die Erfindung löst die Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung zur Herstellung einer Messvorrichtung dadurch, dass eine Vorrichtung zum Einspannen der Messvorrichtung vorgesehen ist, und dass mindestens eine Kraftdetektionseinheit vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung gekoppelt ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert, die auf die Einspannung einwirken und die sich aus den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit ergeben. Die mechanisch schwingfähige Einheit wird also in eine geeignete Vorrichtung eingespannt. Dadurch entstehen beispielsweise keine Effekte aus einer ungünstigen Positionierung der Messvorrichtung. Weiterhin kann so auch der Einfluss von Fremd-vibrationen gesteuert werden. Anschließend werden durch die Kraftdetektionseinheit

Kräfte und/oder Momente gemessen, die aus einer Asymmetrie resultieren. Eine entsprechende Auswerteeinheit zur Auswertung der detektierten Kräfte und Momente der Kraftdetektionseinheit ist nahe liegend und dürfte der fachlich qualifizierten Person keine Schwierigkeiten bereiten.

[010] Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass mindestens eine Kraftübertragungseinheit vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung und/oder mit dem Sensor-Gehäuse und mit der Kraftdetektionseinheit gekoppelt ist, dass die Kraftdetektionseinheit auf die Einspannung einwirkende Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente über die Kraftübertragungseinheit detektiert. In dieser Ausgestaltung werden also die Reaktionskräfte und -momente, die aus der Schwingungsasymmetrie resultieren, über eine Kraftübertragungseinheit übertragen, so dass z.B. die Kraftdetektionseinheit weiter entfernt von der mechanisch schwingfähigen Einheit befindlich sein kann. Dies ist z.B. vorteilhaft bei der Herstellung der Messgeräte bzw. der mechanisch schwingfähigen Einheiten, da so die Symmetrie auch dann überprüft werden kann, wenn die schwingfähige Einheit geringere Dimensionen aufweisen, wenn also nicht ausreichend Platz vorhanden ist, um die Kraftdetektionseinheit direkt mit der schwingfähigen Einheit zu verbinden. Weiterhin dient die Kraftübertragungseinheit bei der Anwendung der Erfindung bei der Herstellung/Ausgangskontrolle der mechanisch schwingfähigen Einheit bzw. der Messvorrichtungen auch zur Einspannung der Messvorrichtung bei der Messung der Symmetrie.

[011] Eine Ausgestaltung der Vorrichtung sieht vor, dass es sich bei der Kraftübertragungseinheit um einen Flansch handelt. Ein solcher Flansch ist relativ zur Messvorrichtung meist auch schwer genug, so dass die Vorrichtung sicher und fest eingespannt ist.

[012] Die Erfindung löst die Aufgabe hinsichtlich der Messvorrichtung dadurch, dass mindestens eine Kraftdetektionseinheit vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung gekoppelt ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert, die auf die Einspannung einwirken und die sich aus den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit ergeben. Die Idee besteht also darin, auszunutzen, dass durch Asymmetrien Kräfte und Momente von der schwingfähigen Einheit nach außen auf die Einspannung übertragen werden. In der Erfindung werden also die Folgen der Asymmetrie zu ihrer Erkennung ausgenutzt. Dabei ist die Kraftdetektionseinheit hier im Gegensatz zum obigen Verfahren und zur obigen Vorrichtung, die sich auch auf Messgeräte bzw. Messvorrichtung ohne ständige Überwachung der Symmetrie bezogen, ein fester Bestandteil der Messvorrichtung, um auch während der

Anwendung der Messvorrichtung im Feld die Symmetrie der mechanisch schwingfähigen Einheit zu bestimmen oder zu überwachen. Im Einsatz der Messvorrichtung dient diese Kraftdetektionseinheit auch der *predictive maintenance*. Dadurch, dass die Symmetrie nach der Installation im Betrieb überwacht wird, wird permanent sichergestellt, dass die Qualität der Messungen nicht unter einer verminderten Symmetrie leidet. Bei der *advanced diagnostics* kann somit auch durch die Auswertung des zeitlichen Verhaltens der Symmetrie im voraus bestimmt werden, ob und wann ein Austausch – bei Korrosion oder Abrasion als Ursache der verminderten Symmetrie – oder eine Reinigung – bei Ansatz – der schwingfähigen Einheit ansteht. Für die Bestimmung der Symmetrie sind auch Toleranzen vorzugeben. Dies bezieht sich auf die Fertigung, aber auch auf die Anwendung im Feld. Ein Problem besteht darin, dass sich auch Kräfte und Momente durch Schwingungen der Umgebung ergeben, dass z.B. durch Rührwerke die Behälterwand vibriert. Die Kräfte und Momente aus diesen Bewegungen müssen gegen die Reaktionskräfte und –momente abgegrenzt werden, z.B. durch eine Frequenzanalyse oder durch Vergleich mit den Schwingungen der schwingfähigen Einheit.

- [013] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Kraftdetektionseinheit derartig angeordnet ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente längs einer Achse detektiert, die im Wesentlichen mit der Schwingungsachse der mechanisch schwingfähigen Einheit zusammenfällt. Durch diese Anordnung ergibt sich eine sehr große Empfindlichkeit, wodurch die Symmetrie genauer und besser bestimmt werden kann. Ursache dafür ist, dass bei Abweichungen von der Symmetrie die Energie bevorzugt in Richtung der Schwingungsachse auf die Einspannung übertragen wird. Allgemein sollte die Kraftdetektionseinheit derartig relativ zur mechanisch schwingfähigen Einheit angeordnet sein, dass die Empfindlichkeit möglichst hoch ist.
- [014] Eine Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei der Kraftdetektionseinheit um einen Beschleunigungssensor handelt. Es sollte dabei ein möglichst empfindlicher Sensor benutzt werden.
- [015] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit um eine Schwinggabel handelt. Solche werden von der Anmelderin unter den Bezeichnungen „Liquiphant“ und „Soliphant“ hergestellt und vertrieben.
- [016] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit um einen Einstab handelt. Einstäbe haben beispielsweise den Vorteil, dass so der Kontakt mit dem Medium verringert ist und dass das Problem der Gabeln v vermieden wird, dass sich Materialien zwischen den Zinken verklemmen.

- [017] Eine weitere Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit um einen Einstab mit drei Schwingkörpern handelt, und dass mindestens ein Schwingkörper an einem Verbindungsbereich mit der Einspannung verbunden ist. Siehe hierzu die Anmeldung zum Patent der Anmelderin beim Deutschen Patent- und Markenamt und der Nummer 103 31 730.9. Solche Einstäbe haben in der Anwendung Schwierigkeiten mit Ansatz, der üblicherweise asymmetrisch ist, und mit Korrosion, die ebenfalls meist asymmetrisch auftritt. In der Anwendung der Messvorrichtungen kann es also bei Einstäben dazu kommen, dass die Symmetrie der mechanisch schwingfähigen Einheit durch den Prozess, bzw. durch das Medium aufgehoben wird.
- [018] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.
- [019] Es zeigt:
- [020] Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Schwinggabel
- [021] als Messvorrichtung gemäß dem Stand der Technik,
- [022] Fig. 2: einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße
- [023] Vorrichtung zur Herstellung einer Messvorrichtung,
- [024] Fig. 3: eine Sicht von oben auf die Umsetzung der Fig. 2, und
- [025] Fig. 4: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen
- [026] Messvorrichtung eines zweiten Typs – hier ein Einstab im
- [027] Gegensatz zur Schwinggabel in den Figuren 1 bis 3 –
- [028] im Betrieb.
- [029] Fig. 1 zeigt die Messvorrichtung 1. Es besteht aus einem Sensorgehäuse 15, in welchem sich die Antriebs-/Empfangseinheit 25 – z.B. eine piezo-elektrische Einheit – befindet. Diese Antriebs-/Empfangseinheit 25 regt über die Membran 10, die über die Einspannung 20 am Gehäuse 15 befestigt ist, die mechanisch schwingfähige Einheit 5, die hier eine Schwinggabel 7 ist, zu Schwingungen an, bzw. detektiert deren Schwingungen. Die beiden Zinken der Schwinggabel 7 schwingen entlang der Schwingungsachse 6 gegensinnig zueinander. Weisen beide Zinken gleiche Trägheitsmomente auf oder sind sie allgemein symmetrisch zueinander, so kompensieren sich die einzelnen Kräfte und Momente, die durch die Schwingungen an der Einspannung 20 der Membran 10 am Gehäuse 15 auftreten. Unterscheiden sich die Zinken – ist die mechanisch schwingfähige Einheit 5 also asymmetrisch –, so treten verbleibende Reaktionskräfte und –momente an der Einspannung 20 auf. Dadurch kann Schwingungsenergie verloren gehen, was sich auch in einer verminderten Empfindlichkeit der Messvorrichtung 1 äußert. Der Verlust an Schwingungsenergie hängt

u.a. davon ab, wie fest die Messvorrichtung 1 am Gehäuse 15 befestigt ist und ob Behälterteile – graphisch nicht dargestellt – mitschwingen. Ein stärkeres Problem als der Energieverlust stellt der Fall dar, dass die Schwingfrequenz aufgrund einer Asymmetrie zufällig zwischen zwei Werte hin- und herspringt. In diesem Fall schwingt nur eine Zinke und die andere ist in Ruhe. Dies kann beispielsweise auftreten, wenn eine Schwinggabel eine Asymmetrie größer als 4-5% in den Frequenzen der beiden Zinken aufweist und die Messvorrichtung in einem massiven Flansch befestigt ist.

[030] In der Fig. 2 ist das Gehäuse 15 der Messvorrichtung 1 durch das Eigengewicht der Kraftübertragungseinheit 35 eingespannt zwischen einer Auflage 42 und der Kraftübertragungseinheit 35, die beispielsweise ein Flansch ist. Die Messvorrichtung 1 muss möglichst stabil festgehalten werden, so dass nur die aus einer Asymmetrie der mechanisch schwingfähigen Einheit 5 resultierenden Reaktionskräfte und -momente gemessen werden und keine Kräfte, die z.B. auf eine instabile Positionierung der Messvorrichtung 1 zurückgehen. Für diesen Zweck ruht auch die Auflage 42 über Dämpfungskissen 41 auf einem Untergrund 40. Somit können umgekehrt keine äußeren Kräfte während der Symmetrie-Messung auf die Messvorrichtung 1 wirken. Die Schwinggabel 7 schwingt in hier dargestellten Fall längs der Schwingungsachse 6. Sind die beiden Zinken nicht symmetrisch zueinander, so werden Reaktionskräfte und Momente auf die Einspannung 20 und über die Kraftübertragungseinheit 35 auf die Kraftdetektionseinheit 30.1 übertragen. Bei der Kraftdetektionseinheit 30.1 handelt es sich beispielsweise um einen Beschleunigungssensor. Der in dieser Fig. 2 dargestellte Fall bezieht sich also auf die Fertigung der Messvorrichtungen 1, bei welcher die Symmetrie einfach und sicher überprüft werden kann.

[031] In der Fig. 3 ist eine Draufsicht auf den Aufbau in Fig. 2 dargestellt. Zu sehen ist die Kraftübertragungseinheit 35 mit der Membran 10 und der mechanisch schwingfähigen Einheit 5 in der Mitte. Die Schwinggabel 7 schwingt längs der Achse 6. In dieser Richtung befindet sich auch die Detektionsachse 31.1 der Kraftdetektionseinheit 30.1, die somit die optimale Empfindlichkeit für die Messung der Symmetrie aufweist. Wird eine zusätzliche, zweite Kraftdetektionseinheit – nicht dargestellt – verwendet, so kann auch detektiert werden, welcher Zinken leichter, welcher schwerer ist.

[032] Die Figuren Fig. 2 und 3 zeigen den Fall, dass die Erfindung bei der Herstellung der Messvorrichtung eingesetzt wird. In der Figur 4 wird eine Messvorrichtung dargestellt, in welcher während des Betriebes die Symmetrie überwacht wird. Durch die Erfindung

kommt also eine Sicherheitskomponente hinzu, die zuverlässige Messwerte gewährleistet bzw. die eine Vorhersage über den Zustand der Messvorrichtung erlaubt.

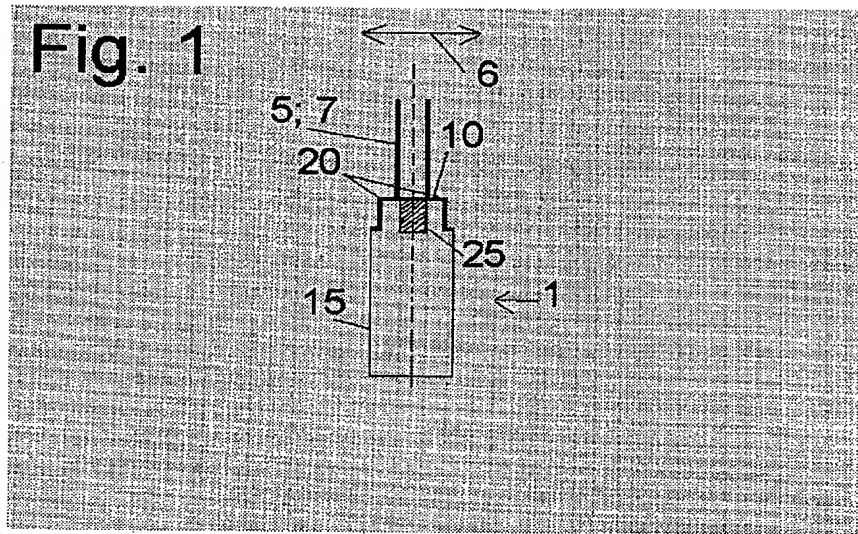
[033] Fig. 4 zeigt einen Einstab 8 als mechanisch schwingfähige Einheit 5 einer Messvorrichtung 1. Diese Messvorrichtung 1 lässt sich also mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung herstellen, sie zeichnet sich aber darüber hinaus dadurch aus, dass sie auch während des Betriebes hinsichtlich der Symmetrie überwacht wird. Dieser Einstab 8 besteht aus drei Schwingkörpern 8.1, wobei die inneren Schwingkörper jeweils gegensinnig schwingen. Im Verbindungsbereich 8.2 befindet sich die Einspannung 20, mit der in diesem Fall die Messvorrichtung 1 mit dem Behälter 2 verbunden ist, in welchem sich das zu messende oder zu überwachende Medium – nicht dargestellt – befindet. Hier wird die Erfindung also bei einer Anwendung der Messvorrichtung 1 im Feld umgesetzt. Bildet sich durch das Medium Ansatz am Einstab 8 oder ist das Medium korrosiv oder abrasiv, so sind die drei Schwingkörper 8.1 und die Lage des Verbindungsbereichs 8.2 nicht mehr optimal aufeinander abgestimmt und es wird Energie an den Behälter 2 übertragen. Dies wird durch die Kraftdetektionseinheit 35 detektiert. Je nach Ausgestaltung der Kraftdetektionseinheit 35 können bereits sehr kleine Abweichungen von der Symmetrie der mechanisch schwingfähigen Einheit 5 detektiert werden. Dadurch kann beispielsweise für besondere Medien die Empfindlichkeit der Messvorrichtung 1 konstant und sehr hoch gehalten werden, indem z.B. Ansatz und der damit einhergehende Empfindlichkeitsverlust bereits sehr früh erkannt wird. Dafür kann z.B. eine Auswertung der zeitlichen Entwicklung der Signale der Kraftdetektionseinheit 35 erforderlich sein, um z.B. das Anwachsen eines Ansatzes oder den Verlust durch Abrasion oder Korrosion zu bestimmen.

Ansprüche

- [001] Verfahren zur Herstellung einer Messvorrichtung (1) zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums in einem Behälter (2), mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit (5), die über eine Einspannung (20) an einem Sensor-Gehäuse (15) und/oder an dem Behälter (2) befestigbar ist, und mit einer Antriebs-/Empfangseinheit (25), die die mechanisch schwingfähige Einheit (5) zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) empfängt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mechanisch schwingfähige Einheit (5) zu Schwingungen angeregt wird, dass Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert werden, welche durch die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) auf die Einspannung (20) wirken, dass eine Meldung ausgegeben wird, wenn die Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente vorgebbare Grenzwerte übersteigen, und dass im Falle einer Meldung die mechanisch schwingfähige Einheit (5) in ihren Schwingungseigenschaften verändert wird.
- [002] Vorrichtung zur Herstellung einer Messvorrichtung (1) nach dem Verfahren in Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Vorrichtung (35, 42) zum Einspannen der Messvorrichtung (1) vorgesehen ist, und dass mindestens eine Kraftdetektionseinheit (30.1) vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung (20) gekoppelt ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert, die auf die Einspannung (20) einwirken und die sich aus den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) ergeben.
- [003] Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Kraftübertragungseinheit (35) vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung (20) und/oder mit dem Sensor-Gehäuse (15) und mit der Kraftdetektionseinheit (30.1) gekoppelt ist, dass die Kraftdetektionseinheit (30.1) auf die Einspannung (20) einwirkende Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente über die Kraftübertragungseinheit (35) detektiert.
- [004] Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Kraftübertragungseinheit (35) um einen Flansch handelt.
- [005] Messvorrichtung (1) zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße eines Mediums in einem Behälter (2), mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit (5), die über eine Einspannung (20) an einem Sensor-Gehäuse (15) und/oder an dem Behälter (2) befestigbar ist, und mit einer Antriebs-

/Empfangseinheit (25), die die mechanisch schwingfähige Einheit (5) zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) empfängt, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Kraftdetektionseinheit (30.1) vorgesehen ist, die derartig mit der Einspannung (20) gekoppelt ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente detektiert, die auf die Einspannung (20) einwirken und die sich aus den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) ergeben.

- [006] Messvorrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftdetektionseinheit (30.1) derartig angeordnet ist, dass sie Reaktionskräfte und/oder Reaktionsmomente längs einer Achse (31.1) detektiert, die im Wesentlichen mit der Schwingungsachse (6) der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) zusammenfällt.
- [007] Messvorrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der Kraftdetektionseinheit (30.1) um einen Beschleunigungssensor handelt.
- [008] Messvorrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) um eine Schwinggabel (7) handelt.
- [009] Messvorrichtung (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit (5) um einen Einstab (8) handelt.
- [010] Messvorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der mechanisch schwingfähigen Einheit um einen Einstab (8) mit drei Schwingkörpern (8.1) handelt, und dass mindestens ein Schwingkörper (8.1) an einem Verbindungsbereich (8.2) mit der Einspannung (20) verbunden ist.



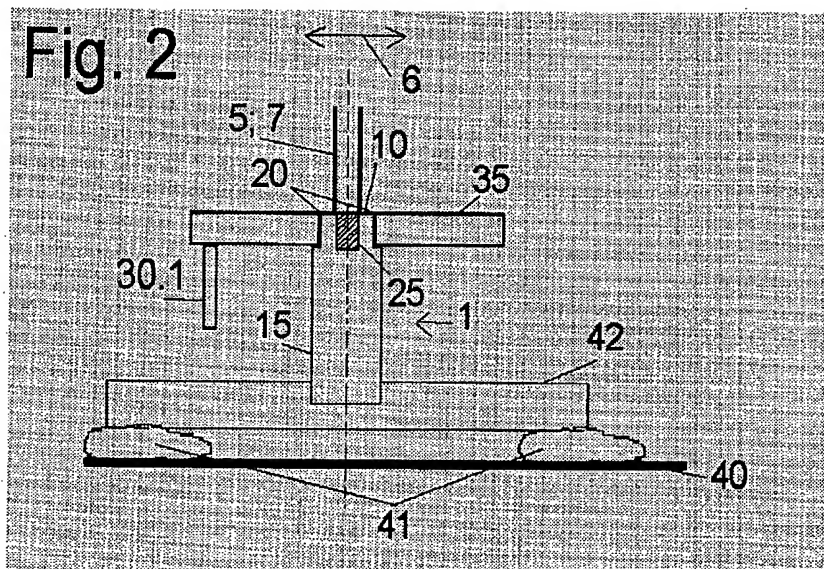


Fig. 3

